SUI POZZI FORATI

detti altrimenti Artesiani

PER

GAETANO MOLLO

SUI POZZI FORATI

detti altrimenti Artesiani

PER

GAETANO MOLLO

Alunno della Regia Scuola d'applicazione per gl'Ingegneri in Napoli

DISSERTAZIONE

PER OTTENERE LA LAUREA D'INGEGNERE

NAPOLI
TIPOGRAFIA DI RAFFAELE TORTORA — SEDIL CAPUANO, 27
1873

A

MIO PADRE

ED ALLA CARA MEMORIA DI MIA MADRE

CHE NULLA RISPARMIARONO

PER LA MIA EDUCAZIONE

QUESTO MIO PRIMO LAVORO

TENUE PEGNO DI AFFETTO

OFFRO E DEDICO

Ezechias munivit civitatem suam, et induxit in medium ipsius aquam et fodit ferro rupem et aedificavit ad aquam puteum.
Liber Ecclesiastici Cap. 48 vers. 19

I.

Ovunque il curioso osservatore volga lo sguardo nel contemplare la vasta mole della Terra, si accorge di leggieri non esservi alcuno fra gli esseri creati che con tanta copia e profusione si mostri, quanto è l' acqua. Diffusa essa ampiamente sulla superficie di questo nostro globo, ci rappresenta un grandioso spettacolo formando oceani immensi egualmente ammirabile per la loro estensione e profondità, come per la diversità delle loro correnti, fiumi di vastissima estensione, torrenti impetuosi, sorgenti di varie qualità, laghi e paludi. Racchiusa essa nelle viscere della terra va quivi scorrendo al pari del sangue nelle vene degli animali, oppure va trapelando lentamente per somministrare l' umore ed il perenne alimento ai serbatoi che trovansi ripartiti con mirabile ordine e magistero nel seno della terra. Essa innalzasi maestosamente nell' aria, ed ingombra da per tutto l' atmosfera, senza eccezione di luogo di tempo e di stagione, ritrovandosi in quantità bastantemente sensibile anche nello stato il più secco dell' atmosfera, somministrando quivi la materia alle nubi, alle piogge, alle nevi, e ad altre meteore di somigliante natura.

Che diremo degli animali, dei vegetabili, dei minerali, nella cui sostanza, e nella cui organizzazione scorgesi essa possedere un alto

dominio, perciocchè somministra un veicolo sempre pronto ed attivo per condurre negli aditi più reconditi di quelli le materie atte alla loro nutrizione ed al loro sviluppo. Dalle quali cose chiaro ne emerge che se la terra fosse priva d' acqua, altro non sarebbe che un ammasso di arida polvere spogliata di animali, vegetabili e sarei per dire anche di minerali.

A ciò non posso impedire che la mia immaginazione non trascorra negli immensi deserti dell' Africa e dell' Asia, ove frequenti caravane, cioè migliaia d' uomini e numerosi armenti, di niuna cosa in quei lunghi viaggi più patiscono che della sete male spenta dalle acque conservate per lungo tempo negli otri.

Varrà dunque moltissimo il farla avere in quei siti ove essa non esiste apparentemente, sia raccogliendo in appositi recipienti le acque pluviali oppure traendola da luoghi più o meno lontani per mezzo di acquedotti, o finalmente estraendola dalle viscere della terra che costituisce l' opera dei pozzi forati.

Fin da remota antichità le acque sono state tenute in grande interesse, ed hanno sempre meritato la più seria e costante attenzione di qualunque bene ordinato popolo. Di ciò ne fan fede presso gli antichi i famosi acquidotti degli Assirii, degli Egiziani e dei Romani, i quali trassero l' acqua alle loro città da grandi distanze, onde soddisfare ai bisogni della vita, e di cui anche oggi ammiriamo i superstiti avanzi che mostrano l' immensa cura e dispendio che si presero nel costruirli.

Stante ciò non fa meraviglia, se nella ricerca delle acque si pone tanta cura, e si applaudiscono coloro che trovarono il modo di condurla per mezzo di acquidotti, o pure di trarla dalle viscere della terra per mezzo dei pozzi forati.

Questo è il suggetto della presente mia dissertazione che mi accingerò a trattare nel miglior modo possibile, e nei limiti di brevità che si richiedono per una memoria.

II.

Forando verticalmente il suolo in alcuni siti opportuni, fino a profondità sufficienti, si trovano strati d'acqua sotterranei che rimontano alla superficie lungo del canale, che la sonda loro ha aperto. Tali acque formano spesso dei getti abbondanti ed elevati, dei quali si approfitta per l'agricoltura, per le industrie, per gli usi domestici e talvolta come forza motrice.

I pozzi trivellati differiscono dagli ordinarii per aver minor diametro, e per la grande profondità a cui possono arrivare, la quale talvolta sorpassa i seicento, e può raggiungere i mille e più metri.

L'origine dei pozzi forati rimonta a tempi si può dire immemorabili, come è stato dimostrato da tanti diversi autori, i quali hanno scritto su tale argomento.

Si crede che nella Cina e nell'Egitto furono eseguiti tali pozzi fin dalla più remota antichità. Difatti questi paesi posseggono un gran numero di fontane o sorgenti che ebbero origine dalla trivellazione, e l'Egitto va curando anche al presente i preziosi resti di quei pozzi che accennano a migliaia d'anni di esistenza, lasciandoci nella completa ignoranza sui mezzi che questi vetusti popoli abbiano messo in opera per tale impresa. Qualche storico ci racconta come i Persiani dopo le loro conquiste nell'Asia solessero cattivarsi la benevolenza dei popoli sottomessi, accordando la proprietà delle terre a quelli che riuscivano ad ottenere sorgenti.

Olimpiodoro, che vivea in Alessandria d' Egitto nel secolo VI, asserisce che nelle Oasis esistevano pozzi forati della profondità di trecento a cinquecento aune, cioè dai 48 agli 80 metri; questi pozzi davano gran copia d' acqua di cui gli agricoltori se ne servivano per la irrigazione delle loro campagne. Simili relazioni si hanno intorno ai pozzi cinesi per parte dei missionarii. Questi pozzi di cui ne esistono molti nel cantone Ou-Tang-Kiao, hanno un diametro piuttosto stretto ed una profondità di più centinaia di metri.

Passando all' Europa; i più antichi pozzi forati appartengono all' Italia settentrionale, e segnatamente a Modena come l' attestano le due grandi trivelle del di lei stemma col motto *Avia fiunt Pervia.* Quei pozzi vennero illustrati da eruditi modenesi fin dal volgere del secolo XVII, e appunto nell' anno 1671 il celebre Domenico Cassini, prima che si recasse ai servigi della Sorbona, fece scavare un pozzo a forte Urbano con esito felicissimo. Chiamato a Parigi il Cassini sotto il regno di Luigi XIV, non tardò a communicare il metodo da lui tenuto nel trivellare i pozzi.

Mezzo secolo dopo Bernardino Romazzini professore in Modena, indi in Padova nel dotto suo libro: *De fontium Mutinensium admiranda scaturigine*, anche ci dice che scavando negli avanzi dell' antica città di Modena, si scovrirono dei tubi di piombo i quali davano a credere l' esistenza di antichi pozzi. Finalmente le opere stampate di Valisnieri, di Gastone Corradi, di Jacopo Grandi, e di altri spiegano commendano ed insegnano quanto si è narrato come nuovo dell' origine e della esplorazione dei pozzi forati.

Sembra chiaro adunque che la scoperta dei pozzi trivellati in Europa sia nata e posta in uso in Italia, e specialmente in Modena onde a buon dritto tali pozzi forati si dovrebbero chiamare *Modanesi* anzichè *Artesiani*; poichè non fu che col progresso del tempo che tali

pozzi presero grande sviluppo nella contea di Artois, e dove l' arte dello scandaglio costitui una vera professione.

Bèlidoro affidò alla stampa nel 1729 qualche nozione sui pozzi trivellati in Francia. Gli scandagliatori dell' Artois vennero in seguito chiamati a scavar pozzi in altri dipartimenti, dove trovarono inattese difficoltà. Ma col progresso del tempo, l' arte dello scandaglio prese proporzioni estesissime, e col perfezionamento degli strumenti perforatori e degli ordigni atti a farli agire, si superarono le più grandi difficoltà, e si potè giungere a trivellare pozzi ad ogni profondità.

III.

Tutti i fisici convengono intorno alle origini delle sorgenti, ritenendole quali forme sempre rinascenti, sotto le quali l' acqua si presenta nel suo perpetuo movimento di andare e venire alla superficie terrestre Quindi sorge l' idea di sapere d' onde viene l' acqua dei pozzi forati, di qual maniera le acque piovane possono esistere o circolare nei terreni di diversa natura, ed in quali condizioni tali acque debbono trovarsi per potere zampillare sul suolo.

Varie sono state le opinioni degli antichi filosofi sul modo, in cui il suolo si comporta nel raccogliere le vene d' acqua, e cominciando da Lucrezio seguito da non pochi altri, crede che l'acqua del mare infiltrandosi nello interno dei continenti si purifichi ed apparisca sotto forma di sorgenti, e tale era l' opinione professata da Seneca. Cartesio modificò questa teorica, e per renderla più ragionevole, suppose, che l' acqua del mare penetrando nelle viscere della terra trovasse delle enormi caverne, nelle quali per l'alta temperatura ivi regnante, convertita in vapori ed elevata nelle regioni superiori più fredde, si condensasse e ritornasse liquida, sgorgando alla superficie della terra. E poichè queste grandi caverne si troverebbero specialmente sotto i monti, così alle falde di questi le sorgenti sono più facili ad apparire. Ammesse queste ipotesi si credette per lungo tempo che l' acqua del mare avesse dovuto necessariamente spandersi nelle viscere della terra, formando un nappo liquido, in modochè in questo lungo tragitto ed attraverso delle terre e delle rocce l' acqua perdesse la sua salsedine,

e qualora si fosse cavato un pozzo in qualunque luogo della terra si doveva rinvenire uno strato d' acqua dolce e potabile.

Tale ipotesi generalmente non si ammette dai fisici, giacchè se il mare per per una infiltrazione secolare penetrasse indefinitamente nello interno delle terre non si avvererebbe che una immensa estensione di terreno quale è quella che è situata sotto il livello del Mar Nero non è nè inondata nè un luogo paludoso. Osserviamo ancora che le sorgenti le quali dovrebbero essere per tali ipotesi più abbondanti sulle spiagge del mare che nello interno delle terre, più nelle pianure che sopra le montagne, invece l' esperienza ci mostra il contrario.

Aristotile opinò che il vapore dell'atmosfera fosse attirato dalle montagne, e quivi convertito in acqua penetrasse per infiltrazioni nelle sottoposte caverne come in grandi serbatoi, dai quali scaturiscono le sorgenti. Cotesta dottrina più tardi venne rinnovata da Mariotte, da Halley ed altri.

È fuori dubbio che le montagne in virtù della bassa loro temperatura condensino i vapori sparsi nell' atmosfera, come ancora un' abbondante vegetazione influisce a produrre delle sorgenti, perchè sembra che gli alberi abbiano la proprietà di attirare e condensare i vapori con molta maggior forza delle montagne, ed al contrario il disboscamento di un paese contribuisce a dissecearlo, e quindi a privarlo delle sue sorgenti.

Vitruvio da ultimo fa derivare le sorgenti sotterranee dalle acque piovane, le quali infiltrandosi attraverso il suolo fino a che non incontrano strati impermeabili, quivi si raccolgono aprendosi uno scolo per forami che incontrano. Difatti non si può negare che le piogge di unita alle nevi producono sorgenti infiltrandosi nel terreno e certamente il maggior numero di esse non ha altra origine. Ciò si argomenta dalle grandi variazioni che presentano nei volumi delle loro acque, veden-

dosi uscire a stento nelle siccite, e sgorgare in abbondanza quando pioggie frequenti e copiose cadono sulla superficie della terra.

Ritenendo adunque noi la teorica di Vitruvio a preferenza come la vera e quella generalmente più adottata diciamo: essere un fatto ben constatato che in ogni stagione e ad ogni temperatura, dalla superficie delle acque si elevano nell' atmosfera dei vapori i quali condensandosi nelle alte regioni ricadono in pioggia sopra la superficie terrestre.

> Ben sai come nell' aere si raccoglie
> Quell' umido vapore che in acqua riede
> Tosto che sale dove 'l freddo il coglie.
>
> *Dante Purgatorio c. V*

Caduta così sui continenti l' acqua si distribuisce in tre diversi e principali modi. Una parte scorre sul suolo inclinato e segnatamente sulle chine delle montagne alimentando i torrenti ingrossando i fiumi e giungendo sino al mare. Un altra penetra nel suolo a profondità tali che dipendono dalla costituzione geologica della località, ed obbedendo anche essa alle leggi della gravità e della capillarità, non si arresta che dopo aver raggiunto uno strato impermeabile. Ivi si adagia se sia orizzontale, oppure vi scorre sopra se sia inclinato fino a raggiungere la regione più bassa. Questa è appunto l' acqua che alimenta i pozzi comuni, i quali d' ordinario si scavano a variabile profondità. Se in tali circostanze l' acqua di pioggia ha trovato favorevoli condizioni per imbevere una grande estensione di suolo o riempire vani e cavità opportunamente collocati, si ha la fonte perenne.

Infine una terza parte d' acqua piovana alimenta i pozzi forati avviandosi per uno strato permeabile posto fra due impermeabili. Se quest' acqua discende da montagne elevate, trovandosi imprigionata fra questi due strati impermeabili, ne segue che verrà fortemente compressa dal peso del liquido soprastante, e dai due strati superiori ed in-

feriore impermeabili che si oppongono alla sua effusione. Se in tali circostanze venisse praticato un foro dalla trivella, la sottoposta acqua zampillerà, giacchè essa scorrendo per superficie inclinate dai siti elevati verso le pianure e vallate, si trova nella condizione di una continua pressione idrostatica, e quindi spingendo il traforo fino a trovare lo strato d'acqua sotterraneo, il liquido si eleverà nel foro all'altezza che il corrispondente strato tiene sopra le alture o ai fianchi delle montagne o colline ove ha la sua origine, come perfettamente si verifica nei sifoni.

Renderò tuttavia più manifesto il fenomeno col sussidio dell'Arago (1). Se si versa dell'acqua entro un tubo ricurvo a forma di U ciò che i fisici chiamano tubo comunicante, essa si mette allo stesso livello mantenendosi nelle due braccia ad altezze verticali esattamente eguali tra loro previe le resistenze che ad essa si oppongono. Supponiamo ora che uno di questi bracci e sia il sinistro comunica nella parte superiore con un vasto serbatoio che si possa tenere costantemente pieno, e l'altro sia troncato in mezzo od in basso da non restarne che una piccola parte diretta verticalmente; chiusa con chiavetta, allorchè questa si aprirà, è chiaro che l'acqua zampillerà da basso in alto con una velocità dovuta alla differenza fra la carica e la perdita di carica, e supposta nulla questa ultima l'acqua si eleverebbe alla stessa altezza da cui era caduta a partire dal livello del serbatoio che alimenta continuatamente il braccio opposto. Da ciò ognuno spiegherà come lo stesso nappo liquido in alcuni luoghi zampilla, mentre più lungi si tiene al disotto del suolo; anzi accade talvolta che l'acqua si perde risalendo se non è imprigionata da un sistema perfetto di tubi.

Quindi conchiudiamo con Hericart de Thury.

« Dopo tutto ciò si comprende che si possano ottenere acque zam-

(1) Arago Annuaire pour. l'an 1835.

pillanti coll' aiuto dello scandaglio, quasi in tutti i paesi che presentano nella costituzione del suolo dei nappi d' acqua sotterranei tra le sovrapposizioni alternative e continue dei terreni permeabili ed impermeabili, estendendosi sino ai paesi o montagne che occultano i serbatoi di questi nappi d' acqua, e le cui basi o adiacenze sono ricoperte da queste soprapposizioni.

« Però non devesi credere di trovare dovunque delle acque zampillanti come si è leggermente creduto, perchè a questo vi si oppone la natura del terreno, come nei graniti da una parte, e dall' altra sarebbe possibile che uno scandaglio fatto anche ad una piccola distanza di un pozzo forato acquifero non desse acqua, se questo ultimo fosse alimentato da una corrente sotterranea invece di esserlo da un nappo d' acqua ».

Laonde sembra che le sorgenti sotterranee possono avere due diverse origini, e distinguersi in due classi.

1. Quelle che stanno a poca profondità sotto le pianure, e che derivano generalmente dalle pioggie e dalle nevi che cadendovi sopra e trapelando attraverso il suolo vengono trattenuti dagli strati superiori di terreno impenetrabile: tali acque non avendo pressione o spinta di sorta non hanno forza di sorgere.

2. Quelle che derivano dalle pioggie e nevi le quali scendendo da luoghi alti fra due strati di terreno impenetrabile, nelle vallate e pianure si mantengono in comunicazione con le masse liquide superiori, e sorgono quindi ad un' altezza più o meno grande secondo la elevazione dalla quale derivano.

Quindi i pozzi forati non s' intraprendono più all' azzardo, giacchè la geologia oggi trovasi al punto di giudicare se è necessario forare ad un sito più tosto che ad un altro, e giunge a dire con molta approssimazione fino a che profondità bisogna internarsi nelle viscere della terra per ottenere acque zampillanti.

IV.

I terreni sono stati distinti in due serie ; cioè in terreni *stratificati* ed in quelli non *stratificati* i primi d' origine acquea ed i secondi di origine ignea. Quelli vennero depositati in seno delle acque nelle quali non erano sciolti ma sospesi e li troviamo più o meno ricchi di avanzi fossili , mentre ai non stratificati competono le qualità contrarie cioè presentano un aspetto più o meno cristallino , nè contengono avanzi fossili.

Riguardo poi al suggetto che ci occupa , possono essi dividersi in quattro classi , cioè :

1. Terreno detritico.
2. Terreno quaternario.
3. Terreno secondario e terziario.
4. Terreno primario.

Il terreno detritico comprende le terre vegetali di diversa natura , quelle sciolte da poter franare e che ora covrono una parte del pendio dei monti dai quali ha preso gli elementi che lo compongono. Secondo la natura degli strati disgregati , esso è permeabile o compatto. Così le rocce che prendono parte alla sua formazione danno luogo alcune volte a depositi arenàrii , sabbiosi e calcarii che si lasciano facilmente attraversare dalle acque , mentre che altre volte , perchè formate d'argilla le acque sono impedite di attraversarli ed in questo caso la sola via che le rimane a percorrere è quella attraverso le fenditure. Dalla conveniente disposizione degli strati più o meno atti alla infiltrazione, si può rinvenire una falda di acqua.

Il terreno quaternario ha la medesima composizione del terreno detritico occupando però una maggiore estensione. La sabbia, la ghiaia, i ciottoli calcari, le marne e le argille formano gran parte della loro massa e quando questi componenti offrono una stratificazione regolare, fa ilmente possono contenere delle acque.

Il terreno terziario offre risultati migliori dei precedenti perchè meglio stratificato non solo ma ancora perchè fornisce acque più pure. Questi terreni sono composti di sabbia, d' argilla, o marne in strati regolari. Nella serie di questi strati di diversa natura, l' acqua trovando dei terreni permeabili li percorre in tutti i sensi fino a raggiungere degli altri di natura impermeabili, onde è che in tali terreni si è sicuri di trovare delle falde d' acqua che la sonda fa zampillare.

I terreni secondarii poi sono quelli in cui l' arte dello scandaglio trova le più grandi risorse. In essi le stratificazioni sono più estese dei precedenti, e le rocce che li compongono sono a strati di grande spessezza fra cui ve ne sono alcuni intercalati di sabbia, in parti molto disgregate e permeabilissime. Quindi è che per la spessezza di tali strati si richiedono accuratissimi studii e perseveranza moltissima nei lavori di trivellazione per riuscire nello intento. E' superfluo per noi fare l' enumerazione delle diverse specie di rocce di cui questi terreni si compongono, basta sapere in generale essi come i terziarii hanno la forma d' immensi bacini cioè a dire che dopo di essere stati quasi a livello in una grande estensione, si sono sollevati e rilevati in maniera da circoscrivere la parte rimasta pressochè orizzontale in un circuito di colline o di montagne. Il numero, la natura, e l' inclinazione delle stratificazioni di un bacino formano il principale soggetto per la esecuzione dei pozzi trivellati.

I terreni primitivi non promettono buon esito nella ricerca dei pozzi trivellati, atteso la poco o niuna stratificazione perduta dai continui sconvolgimenti a cui questi terreni sono andati soggetti, perciò è che

le acque che li traversano non devono avere che tragitti sotterranei molto limitati, e ciascun filetto liquido compie per dir così il suo corso isolatamente senza fortificarsi coll'aggiunzione dei vicini. Di fatti l'esperienza ci dice che in tali terreni, le sorgenti sono poco abbondanti, e che esse sgorgano a poca distanza dal punto in cui si sono infiltrati.

Dalle teoriche e dai fatti risulta: che le sorgenti sotterranee atte a risorgere zampillanti sul suolo si trovano solamente nei terreni stratificati. Sovente in tali terreni a diverse profondità vi sono degli strati d'acqua distinti, come si osservò nel perforamento del pozzo di Saint Ouen che in 66 metri di profondità si rinvennero cinque strati d'acqua ben distinti e suscettibili d'ascensione, ed in quello di Saint-Denis in una profondità di 63 metri s'incontrarono quattro strati d'acqua zampillanti. Ne consegue da ciò che nei terreni stratificati si trovano immensi strati d'acqua i quali possono stare tanto nei terreni secondarii che nei terreni terziarii, colla differenza però che il fenomeno dello zampillo deve succedere più in grande nei secondarii per effetto della prodigiosa strettezza degli strati e della forza dei corsi d'acqua inferiore, mentre nel terziario per la maggior frequenza degli strati alternati, il fenomeno si verifica più spesso ma con minore forza.

V.

Esaminati così brevemente i terreni passiamo a dire quali sono gli strumenti usati in generale nel foramento di un pozzo.

Molte e serie difficoltà s'incontrano nel trivellare un pozzo, a seconda degli strati che si vogliono attraversare. Da ciò ne segue che non si trovano facilmente intraprenditori che assumano di forare dei pozzi per appalto, ma invece essi lavorano a giornata oppure ad un tanto per ogni metro di profondità, conservandosi in quest' ultimo caso dei diritti e delle indennità se difficoltà imprevedute venissero a presentarsi. L' uso di scandagliare i materiali del suolo a diverse profondità è antichissimo; una tale operazione ha avuto diversi scopi, or la ricerca dei minerali metallici, or quella dei combustibili, ma in particolar modo quella delle acque.

Il macchinario generale consiste in una serie di spranghe di ferro di eguale lunghezza e grossezza, ed ognuna di esse termina alle estremità con due commettiture l'una maschio e l'altra femina, e queste spranghe per connetterle basta avvitarle l' una sull'altra. Sotto la prima spranga la quale a misura che l'opera avanza si allunga per l'addizione delle altre, si fissa l'istrumento che si deve impiegare per forare e raccogliere il terreno.

Per traforare i pozzi, s' inventarono varii strumenti suggeriti dalle moltiplici difficoltà, che oppone la struttura del suolo e la diversa durezza e natura dei materiali che lo compongono. Così per attraversare gli strati di terra vegetale, le terre argillose poco tenaci e le argille pla-

stiche, si fa uso dei *Succhielli*. Per spezzare con colpi le rocce dure si usano *scalpelli* e *trapani* di svariate forme che agiscono con moto di percussione col quale si ha il vantaggio di poter forare le rocce le più dure che esistono. Per togliere via i frantumi prodotti dai colpi degli s alpelli e dei trapani, si fa uso delle cucchiaie e dei cilindri a valvole. Per attraversare gli strati di sabbia mobile, di marne liquide e di ciottoli si usano strumenti speciali, ugualmente per allargare i fori e per togliere da essi le parti di strumenti che si avessero potuto rompere in corso del lavoro e che impedirebbero di continuarlo.

Le operazioni pel traforo di un pozzo attraverso i diversi strati di terreno procedono nel seguente modo.

S'incomincia dallo scavare un pozzo cilindrico o quadrato profondo da 3^m a 4^m, e del diametro di 1^m ad $1^m, 50$ il quale armasi di legname su tutta la sua altezza, in modo da sostenere le pareti. Superiormente a questo si fa un palco di legname apritoio messo perfettamente a livello, sul quale situasi una capria a castello, nella parte superiore della quale adattasi una puleggia.

Quando il terreno da forarsi presenta rocce dure e difficili ad intaccarsi, lo chè avviene per i terreni secondarii ed in parte dei terziarii, bisogna allora fare uso di scalpelli trapani etc. ed il foramento si esegue appoggiando gli strumenti sul fondo del pozzo attaccando l' estremità della spranga che resta al disopra del palco alla estremità di una leva che resta in alto, in mezzo ed attraversa della capria che sovrasta il pozzo. L' altra estremità della leva è attaccato ad un argano di ferro con ruote d'ingranaggio, il quale girando, allorchè la leva si è alzata ad una data altezza e levando l' istrumento dal fondo, scappa e fa ricadere l'istrumento e le spranghe con tutto il loro peso, e nello stesso tempo per mezzo di due manovelle messe a croce attraverso della spranga di ferro che è attaccata alla leva si gira continuamente da due uomini di maniera, che l'istrumento riceve contemporaneamente nel fondo

del pozzo il movimento di rotazione e di percussione, e perciò mentre taglia, riduce anche circolare il foro. Si comprende che, approfondandosi il traforo, crescendo il peso delle spranghe di ferro, la percussione ed il moto di rotazione è sempre proporzionato, atteso la rigidezza delle spranghe di ferro.

Bisogna badare, nel caso che il terreno è secco, di fare gittare di tratto in tratto una certa quantità d'acqua nel foro, affinchè gli utensili e le aste non si riscaldino per l'attrito e pei colpi che provano, il che non succede quando sorgenti superficiali trapelano i terreni.

Allorchè l'istrumento ha agito per qualche tempo, non potrebbe più produrre il suo effetto a causa di un accumulo di materia nel foro, onde fa d'uopo rialzarlo, e sostituire allo scalpello, una cucchiaia chiusa, per mezzo della quale si giunge, girando ad estrarre i frantumi che erano in fondo del foro. Da ciò si comprende che qualora il traforo ha una certa profondità, detta operazione è lunga, giacchè, per eseguirla fa mestieri sconnettere una per una le spranghe di ferro che componevano la lunghezza totale.

Quindi è che non volendo andare in contro a tale inconveniente, potrebbe usarsi il sistema di Fauvelle.

Esso consiste in una sonda traforata a guisa di tubo, e per la quale si fa discendere una colonna d'acqua premuta da una tromba. L'acqua dopo discesa riascende con forza portando su i frammenti e minuzzoli dei materiali, liberandone totalmente il fondo, e così preparandolo a nuova perforazione. L'esperienza ha dimostrato che, dovendo applicare questo sistema per il sollevamento di ghiaia o di pietre di certo volume, esso riesce meglio col far discendere l'acqua per la zona esterna alla sonda, e farla ascendere pel vano di questa.

Ciò dipende senza dubbio dalla regolarità del calibro della sonda al paragone di quello del traforo, evitandosi anche per tal guisa gli urti e

gran parte, degli attriti, ed estraendosi con prontezza i diversi materiali.

La più gran difficoltà che s'incontra nel foramento di un pozzo consiste nella introduzione dei tubi che rendonsi di somma necessità tutte le velte che nel traversare strati di terreni compatti si trovano intercalati altri di natura scorrevole, i quali per loro poca coesione potrebbero franare e quindi distrurre ciò che si fosse scavato.

I tubi possono essere di metallo o di legno. I tubi di metallo sogliono farsi di lamine di ferro, perfettamente cilindrici, ed in pezzi ognuno della lunghezza di 7^m, 50 avente nella loro parte superiore un collare il quale serve per mezzo di chiodi a connetterli l'uno coll'altro. Un particolar modo di congiunzione delle lamine di ferro per formar tubi, è quello inventato dal signor Ledru.

La lamina è galvanizzata per maggior durevolezza, ed in vece di venire inchiodata nei margini, questi si ravvolgono l'uno sopra l'altro e finalmente si saldano. Con questo modo oltre la durata dei tubi, si ottiene la perfetta tenuta di acqua. Sogliono usarsi invece di tubi di lamine di ferro, tubi di latta, di rame rosso, di ghisa. Quelli di ghisa hanno maggior durata di quelli di latta, i quali non sono usati che come tubi di ritegno perchè si ossidano rapidamente anche nelle acque più pure. S'impiegano a preferenza i tubi in rame rosso laminato, che talvolta si stagnano nell'interno, e Degoussèe ha impiegato ad Enghien in acque solforose dei tubi di zinco.

Oggi invece dei tubi di diversi metalli si consigliano tubi di legno per le proprietà che offrono di minore spesa, di non arrecare perditempo nel caso che rotti si dovessero estrarre perchè ingrazia del loro peso specifico ed in virtù della forza dell'acqua che li sospinge salirebbero. Il difetto dei tubi di legno è di diminuire di molto il diametro del foro dello scandaglio. L'ontano e la quercia sono usati per la loro costruzione dando loro una grossezza di 0^m,03 a 0^m,04. In ogni modo, quando il

tubo d' ascensione è calato nel foro, si assoggetta e si guarnisce il vuoto esistente fra le pareti del foro ed il contorno esterno del tubo, in tutta la sua altezza, colandovi del buono smalto.

La più gran difficoltà è quella di fare scendere la colonna di tubi in proporzione che il lavoro si approfonda; tale operazione ha bisogno delle più grandi cautele, sia allorchè bisogna attraversare terreni che per la loro natura constano di strati di sabbia o di altra materia, sia ancora perchè essi tubi vanno soggetti a rompersi in più parti, cosa che può avvenire o per effetto di un punto duro e spargente che può essere rimasto nella parete del foro; o infine dallo attrito, che l' istrumento e le spranghe di ferro possono esercitarvi dentro, scendendo e salendo. In tali casi, che non sono rari a verificarsi, specialmente quando i trafori arrivano a grande profondità, bisogna cavar fuori la colonna dei tubi, cosa che produce l' interramento della maggior parte del traforo, che bisogna di nuovo scavare per rimettervi la colonna di tubi; e che porta spesa e perdita di tempo, ma che è pressochè inerente, alla natura dei trafori.

Gli scandagli servono altresì a sbarazzarsi dalle acque nocive facendole assorbire da uno strato permeabile, che costituiscono i pozzi assorbenti. I lavori che questi esigono sono gli stessi di quelli che procurano le acque ascendenti; soltanto il foramento si arresta, allorchè si è raggiunto uno strato di sabbia o di ghiaia permeabile. L' impiego dei pozzi assorbenti è utile per il disseccamento delle paludi.

E' quasi impossibile di stabilire un prezzo regolare e costante per lo scavo dei pozzi forati. In taluni terreni il lavoro si esegue con una stupenda rapidità, in altri al contrario i migliori utensili non affondono che di due a tre centimetri per giorno. Nei terreni d' alluvione, che sono facili a forarsi, pure alcune volte si rende difficile pei ciottoli che si trovano tra mezzo. Nei terreni terziarii, allorchè trattasi di forare gli strati di marne, e le argille compatte, il lavoro si esegue con grande celerità, ma in altri casi si rende difficile e lungo quando bisogna traversare

delle sabbie, per dir così, liquide , delle marne colanti , e strati di ciottoli rotolati. Nei terreni secondarii anche il foramento richiede molto tempo, come accade per le rocce calcaree che sono generalmente compatte e particolarmente allorchè trattasi di traversare dei banchi , o dei rognoni di silice piromaca, che sono della più gran durezza.

Quindi è che a questa variabilità di terreni corrisponde di necessità la durata del lavoro , e la spesa dei lavoranti. Onde conchiudiamo col Garnier che nei casi più favorevoli un pozzo forato si fa con poche centinaja di franchi, mentre in altri la spesa è di più migliaia.

VI.

Veniamo a dire qualche cosa sulla quantità qualità e temperatura delle acque ascendenti. La quantità d' acqua fornitaci dai pozzi forati è generalmente costante, e non ne risente variazione alcuna collo scorrere degli anni. Belidor, nella *scienza dell'Ingegnere*, cita un pozzo trivellato nel monastero di S. Andrè a mezza lega da Aire in Artois, il quale dava due botti d' acqua a minuto , ed il suo getto si elevava ad undici piedi al disopra del suolo. Lo stesso pozzo osservato da Arago dopo un secolo dava la stessa quantità d' acqua e la stessa altezza di getto. Lo stesso può dirsi della fontana di Lillers, la quale antichissima come è, ha sempre zampillato alla stessa altezza , ed ha dato lo stesso volume d' acqua. Una causa che potrebbe portare qualche disturbo nel prodotto giornaliero dei pozzi trivellati consiste nel traforo di pozzi vicini, la quale varia secondo le circostanze e le qualità del terreno intermedio.

Talvolta la quantità d'acqua può diminuire, e questa diminuzione dipende da che i pozzi s' ingorgano ; a questo vi si rimedia o espurgandoli collo scandaglio , oppure aspirando l' acqua con forza mediante una tromba , onde la corrente acquista il potere di sbarazzare da ogni ostacolo la propria via.

A tutto questo si deve aggingere ancora l' influenza che provano le sorgenti alle spiagge del mare. Esse s' abbassano al momento del flusso e rimontano al riflusso. Questo effetto è attribuito, con molta verisimiglianza alla pressione che provano queste sorgenti, dall' aria atmosferica spinta nelle cavità sotterranee dalle acque del mare , e che al momento

del flusso è impedita di sprigionarsi. Da questo avviene che la quantità d' acqua diminuisce o aumenta secondo l' alta o bassa marea. Arago ci racconta che a Fulham presso il Tamigi un pozzo forato a 97^m dà 367 litri d' acqua nell' alta marea e 273 nella bassa a minuto secondo.

Bisogna badare nel traforo dei pozzi a non arrestarsi a sorgenti poco profonde che offrono scarsi prodotti, o sono sottoposte a debole pressione, ma invece è mestieri approfondire il lavoro fino a raggiungerne delle altre più importanti rinchiudendole coll' accurato collocamento dei tubi.

Le acque delle sorgenti zampillanti sono generalmente assai pure, particolarmente allorchè esse provengono da grande profondità. Vi sono però dei casi in cui esse differiscono tra loro sia per la natura delle sostanze che tengono disciolte, sia per la loro temperatura. Queste acque le quali non hanno il grado di purezza che le rende proprie agli usi della vita si chiamano acque minerali, le quali si dicono saline ferruginose, solforose etc., secondo la diversa natura e proporzione delle sostanze che in esse predominano.

Per rapporto alla temperatura vi sono delle acque che hanno una temperatura al di sotto di quella dell' atmosfera, tali sono le acque fredde, oppure una temperatura elevatissima e qualche volta fino a quella dell' acqua bollente, tali sono le acque calde e termali.

In Islanda vi sono dei luoghi in cui si hanno eruzioni di acqua calda zampillante, ora in modo continuo, ed ora intermittente; esse hanno il nome di Geyser. Una di queste fontane mena in alto una vena d'acqua bollente di sei metri di diametro e si eleva a 50^m di altezza.

L' acqua sotterranea, che zampilla dai pozzi forati è generalmente più calda della temperatura media della superficie del sito, ove sono fatti i trafori, ed in generale, la temperatura dell' acqua è in proporzione della maggior profondità del traforo. La legge però, secondo la quale questo calore progredisce nella profondità non s' è potuto indagare, con

precisione o progressione costante, ma da varie esperienze si sono ottenuti i risultati seguenti. Arago ammette, che per ogni 20 a 30 metri di profondità il calore aumenta di un grado centigrado. Humboldt e De Saussure ammettano un aumento di un grado centigrado per ogni 25^m a 26^m di profondità. Il Cordier dotto ingegnere dice che il calore sotterra non segue la medesima legge per tutta la terra, ma può essere doppio ed anche triplo da un paese all' altro.

Le osservazioni termometriche fatte dal Cav. Melloni (1) nel pozzo forato praticato nel giardino del real palazzo di Napoli, e diretto dallo Ill. Ingegnere Cav. Luigi Cangiano, ci dicono che alla profondità di 30 metri dalla superficie del suolo, la temperatura si è trovata variabile tra 14,6 e 15,5 centigradi, nel fondo poi del pozzo alla profondità di 190^m, la temperatnra è stata di 18,3. Quindi calcolando col primo e coll' ultimo dato si ha l'aumento di un grado centigrado per ogni 43^m, calcolando col secondo e coll' ultimo dato si ha un grado di aumento per ogni 57^m, la media sarebbe di un grado per ogni 50^m. Fa poi osservare il Melloni che l'aumento di temperatura trovato con gli esperimenti è di molto inferiore a quello che si sarebbe atteso, avuto riguardo alla natura vulcanica del terreno traforato, ed alle osservazioni fatte in altre contrade, per le quali l' ordinario aumento è stato di un grado per ogni trenta metri di profondità. Di questo fatto non trova alcuna plausibile spiegazione, ma probabilmente esso deriva dalla poca conducibilità pel calorico del tufo vulcanico o dalla vicinanza del mare. Dai fatti sin' ora esposti possiamo ritenere in media un grado di aumento di temperatura per ogni 30^m di profondità.

Le acque che provengono da piccola profondità alcune hanno una temperatura che varia con quella dell'atmosfera, altre hanno una temperatura costante, ciò che fa credere comunemente che la loro acqua sembra calda nell' inverno e fredda nell' estate; ma se si riflette, si vedrà

(1) Atti della settima adunanza degli scienziati Italiani parte 2 pag. 1148.

che è la temperatura dell'aria esteriore quella che varia, e che ci serve di punto di comparazione. In generale la temperatura dell'acqua non influisce sul suo stato di purezza, e si è avuto agio di sperimentare alcune termali e dal non aver ottenuto deposito se ne è conchiuso, quest'ultime essere anche esse atte a soddisfare i bisogni della vita come acque pure e potabili.

Tanto le acque che provengono dalle sorgenti quanto quelle che provengono dai pozzi forati variano con i terreni che esse hanno attraversato. Quelle dei terreni granitici contengono appena alcuni silicati, delle tracce di cloruri e di carbonati di calce, di potassa e di magnesia, quelle che vengono dai terreni secondarii hanno in generale la composizione di buone acque potabili. Quelle che derivano dalla infiltrazione delle piogge dei terreni superiori coverti di piante sono in generale ricche di bicarbonati, disciolti in grazia dell'acido carbonico, che esse hanno improntato al terreno vegetale. Infine le sorgenti che vengano da terreni scistosi ed attraversano formazione vulcaniche, non potranno essere potabili perchè cotesti terreni contengono piriti che facilmente si decompongono, dando così al liquido l'odore ed il sapore d'idrogeno solforato.

Il prospetto seguente dà la temperatura delle acque di alcuni pozzi, non che la loro profondità.

Indicazioni dei Pozzi Artesiani	Profondità del Pozzo	Temperatura media alla superficie	Temperatura dell' Acqua
	metri	gradi	gradi
Pozzo di Grenelle a Parigi.	548	+ 10. 6	+ 27. 4
« « di S. Ouen a Parigi.	66	« 10. 6	« 12. 9
« del sig. Champoiseau a Tours. . . .	140	« 11. 5	17. 5
« di Marguette (Nord).	56	10. 3	12. 5
« di Aire (Pas de-Calais). . . .	63	10. 3	13. 3
« di Sheerness (Inghilterra). . .	100	10. 5	15. 5

Avuto riguardo poi alla quantità il pozzo forato a Bages vicino Perpignano in una proprietà di M. Durand dà 2000 litri d'acqua per minuto.

Nel circondario di Tours a piccola distanza della riva destra del Cher essendosi forato un pozzo, lo stesso dà 2500 litri d' acqua per minuto.

Il pozzo forato della proprietà di M. Champoiseau a Tours dà 4000 litri d'acqua a minuto.

Il pozzo di Crenelle dà 6000 litri d'acqua per minuto.

In ultimo qualunque sia la provenienza di un'acqua sia che provenghi da pioggia, da sorgenti, da fiumi, da pozzi comuni, od artesiani, per dirsi potabile deve avere le seguenti qualità secondo il Dupasquier cioè deve essere senza odore, senza sapore, limpida incolora fresca di està, e temperata d'inverno, deve contenere dell' acido carbonico, dell' aria atmosferica ed alcuni sali in soluzione come il carbonato di calce ed il cloruro di sodio. Che se contenesse altri sali come il solfato di calce di magnesia o il cloruro ed il nitrato di calce, come pure sostanze organiche in via di decomposizione, allora tale acqua sarebbe da stimarsi impura e quindi non potabile.

Volendo fare l'analisi dell'acqua con processi chimici, questi sarebbero lunghissimi e nello stesso tempo forse non ci metterebbero nel grado di ben definire se essa è buona o cattiva. Quindi all' analisi chimica si è sostituita la idrotimetrica la quale dà in più breve tempo migliori risultati. Noi di ciò non ne faremo parola per non uscire dai limiti del nostro soggetto.

Finalmente ci resta a dire qualche parola sull' applicazione delle sorgenti artesiane a differenti usi.

Le sorgenti artesiane sono riuscite utili come forza motrice, e la loro temperatura costante ed elevata in alcuni siti, permette di applicarle al movimento delle macchine negli inverni più rigorosi, fondendo i ghiacci che impediscono il movimento delle ruote idrauliche. Sono an-

che preferibili alle acque ordinarie, giacchè queste lasciano quasi sempre un deposito nelle caldaie, lo che non avviene colle acque dei pozzi forati, le quali essendo generalmente più pure arrecano anche economia di combustibile.

L' agricoltura anche si avvale delle sorgenti artesiane per l' irrigazione dei campi qualunque ne sia il grado di purezza e di temperatura, potendosi usare qualora è calda nei freddi inverni, e nell' està facendola soggiornare in appositi recipienti.

I pozzi forati riescono ancora di somma utilità, perchè somministrano l' acqua nel punto preciso ove ne fa bisogno, anzichè nelle sole naturali sorgenti spesso lontane dall' abitato, come ancora giova averla di per sè sgorgante sulla superficie terrestre o assai da presso, senza doverla attingere dai profondi pozzi comuni.

Qualora adunque si sarà riuscito ad ottenere un pozzo forato atto a somministrare un considerevole volume d' acqua pura e salubre e che sia costante nel suo effetto, dovrà stimarsi un tale risultato come un gran dono della natura ottenuto dall' uomo mediante la scienza.

Napoli Settembre 1873.

TESI LIBERE

IDRAULICA

Efflusso per una luce munita di breve tubo cilindrico o conico. — Paragone tra la portata di una stessa luce scolpita in lastra sottile o armata di breve tubo: lavoro del volume d'acqua smaltito nei medesimi casi.

COSTRUZIONE

Resistenza d'un corpo prismatico alla torsione.

Resistenza d'un corpo prismatico alla rottura cagionata dalla torsione.

TOPOGRAFIA

Scandagli.